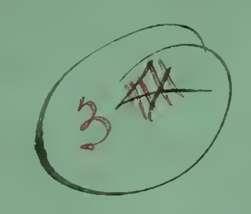


NOTICE

SUR LES

TITRES ET TRAVAUX

DE

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE

DE

M. OLLIER

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1894

NOTICE

SUR LES

TITRES ET TRAVAUX

DE

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE

DE

M. OLLIER

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1894

II

TRAVAUX

DE

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE

AVEC INDICATION DE LEURS PRINCIPALES APPLICATIONS CHIRURGICALES

Commencés en 1857, mes travaux de physiologie ont été réunis dans le premier volume de mon *Traité expérimental et clinique de la Régénération des os*, ouvrage qui remporta, en 1867, le grand prix de chirurgie[1] sur la question : *De la conservation des membres par la conservation du périoste.* Mes recherches avaient été déjà publiées en détail, soit par de nombreuses notes parues dans les *comptes rendus de l'Académie des sciences* depuis le 6 décembre 1858, soit par des mémoires plus étendus insérés dans le *Journal de Physiologie* de Brown-Sequard, à partir du 1er janvier 1859, ou dans diverses publications médicales.

Continuées depuis lors, et portant principalement sur la greffe

1. Ce prix exceptionnel fut créé par l'Académie des sciences, dans sa séance du 25 mars 1861, sur l'initiative de Flourens. C'était au lendemain de la guerre d'Italie, qui avait été très meurtrière, malgré sa courte durée. L'empereur Napoléon III doubla la valeur du prix, qui fut décerné le 11 mars 1867, et partagé en parties égales entre M. Sédillot, de Strasbourg, et l'auteur de cette notice. M. Sédillot était déjà correspondant de l'Institut; il en devint cinq ans plus tard membre titulaire, pour la section de médecine et de chirurgie.

animale et l'accroissement des os, elles ont été présentées dans leur ensemble dans mon *Traité des Résections*, paru il y a trois ans. Je vais dans cette notice rappeler les faits nouveaux qu'elles ont apportés et les propositions doctrinales qu'elle m'ont permis d'établir. Il serait trop long d'exposer les résultats qu'elles ont eus pour la pratique chirurgicale. Je me bornerai à indiquer leurs principales applications et à renvoyer à mon *Traité des Résections* dont les trois volumes sont consacrés à l'exposé de mes recherches pathologiques et à la description de mes méthodes et procédés opératoires.

Si je suis parti, au début de ma carrière, de la physiologie expérimentale pour arriver à la pratique de la chirurgie, je n'ai jamais perdu de vue mon point de départ, qui est toujours à mes yeux le meilleur guide et le plus fécond inspirateur de la chirurgie scientifique. Aussi n'ai-je pas cessé de faire appel à l'expérimentation physiologique, et dans l'avant-propos du troisième volume de mon *Traité des Résections*, qui a paru en 1891, et qui contenait mes dernières expériences sur la greffe osseuse et l'accroissement compensateur des cartilages de conjugaison, je m'exprimais en ces termes :

« Quand j'ai commencé ce troisième volume, je croyais que mes expériences déjà faites seraient suffisantes pour mener à bien mon travail, mais j'ai vu bientôt qu'il fallait en entreprendre de nouvelles, soit pour l'accroissement des os après les diverses résections, soit pour les greffes osseuses et l'interprétation de certains processus pour la cure des pseudarthroses, etc. Or, lorsqu'on s'engage dans cette voie, on ne sait quand on arrivera à son but, tant l'expérimentation est pleine d'imprévu, et tant peuvent être nombreuses les questions nouvelles que soulève toute recherche dans ce sens. Le dégagement d'une inconnue en fait surgir d'autres auxquelles on ne pensait pas tout d'abord. Aussi, quoique je me sois absolument limité aux questions étroitement liées à mon sujet, ai-je rencontré sur ma route de nombreuses causes de

retard auxquelles je ne pouvais me soustraire, *dans la conviction où je suis toujours que l'expérimentation sur les animaux vivants est le plus puissant élément de progrès de la chirurgie scientifique.* Après trente ans d'une pratique incessante et très active, tant dans les hôpitaux que dans la clientèle civile, je me sens de plus en plus pénétré de cette vérité, et je recours, autant que je le puis, à l'expérimentation, non seulement pour obéir aux tendances naturelles de mon esprit, mais pour trouver les solutions pratiques dont la chirurgie a un besoin constant et que l'observation seule ne peut lui apporter. »

Tels sont les principes qui m'ont guidé depuis le début de ma carrière et que je me suis efforcé de répandre autour de moi. A cette époque, l'expérimentation sur les animaux était négligée par la généralité des chirurgiens. On expérimentait sur le cadavre; on faisait des recherches anatomiques du plus grand intérêt, mais la physiologie expérimentale n'occupait pas la place qui doit lui être toujours réservée.

CHAPITRE PREMIER[1]

EXPÉRIENCES SUR LA RÉGÉNÉRATION DES OS ET LA PRODUCTION ARTIFICIELLE DU TISSU OSSEUX

1. Transplantation du périoste. — Production artificielle des os dans des milieux normalement étrangers à l'ossification. — Détermination par l'analyse expérimentale des propriétés ostéogéniques des différents éléments du périoste. — Couche ostéogène.

En 1858, quand j'ai publié mes premières expériences sur les propriétés du périoste, les plus grandes divergences régnaient, parmi les anatomistes et les chirurgiens, sur le rôle de cette membrane dans l'ossification normale et les ossifications accidentelles, réparatrices ou pathologiques. Flourens venait de dire cependant que le périoste était l'organe essentiel de la reproduction de l'os, mais malgré cette proposition catégorique aucun chirurgien ne paraissait y porter attention. Il est vrai qu'après avoir dit que si on enlevait l'os en conservant le périoste, le périoste rendrait l'os, ce même physiologiste[2] ajoutait que lorsqu'on enlevait l'os en même temps que le périoste, le périoste se reproduisait d'abord et rendait l'os ensuite.

1. Quoique le plus important par la nouveauté des faits physiologiques et l'étendue de leurs applications chirurgicales, ce chapitre sera relativement court. L'*Aide-Mémoire* qui paraît dans la collection Léauté, en même temps que cette notice, présente un résumé de l'ensemble de mes expériences sur la *production artificielle et la régénération des os*, et de leurs applications aux résections sous-périostées.

2. *Théorie expérimentale de la formation des os.* — 1847, page 78.

Cette seconde proposition ne pouvait que détruire l'effet de la première. A quoi bon, pouvait-on se dire, prendre tant de peine pour détacher le périoste et le conserver, puisque, si on l'enlève, il se reproduit tout d'abord et reproduit l'os ensuite? On devait d'autant plus faire ce raisonnement que, dans tous les amphithéâtres d'anatomie, on considérait le détachement complet et régulier d'une gaine périostique comme une opération impossible.

C'est sur ces entrefaites que, voulant procéder par l'analyse expérimentale à la détermination des propriétés ostéogéniques du périoste et des différents tissus qui pouvaient contribuer aux ossifications réparatrices, nous eûmes l'idée de les isoler, de les greffer et de les faire vivre dans des milieux propres à les alimenter, mais étrangers à l'ossification normale.

La transplantation des lambeaux de périoste nous montra que partout où cette membrane pouvait être greffée, elle donnait naissance à du tissu osseux et qu'on obtenait de cette manière des *os hétérotopiques*, subissant des processus de développement analogues à ceux du tissu osseux normal, et constitués, au bout d'un certain temps, par une substance osseuse, creusée à son centre de vacuoles médullaires et bientôt d'un véritable canal central[1].

Cette expérience prouvait que le périoste était actif par lui-même et possédait en propre des qualités ossifiantes, plus ou moins marquées, selon l'âge de l'animal.

Il fallait ensuite déterminer la part qui revient, dans cette production du tissu osseux, aux divers éléments anatomiques dont le périoste est composé. Nous vîmes alors que le périoste est constitué par deux couches aussi distinctes au point de vue physiologique qu'au point de vue anatomique, et que la partie active dans l'ossification était la couche interne, composée de cellules jeunes, analogues aux éléments de la moelle. C'est ce que nous avons appelé

1. Communiquées pour la première fois à la Société de Biologie le 13 novembre 1858, nos expériences de transplantations périostiques furent présentées à l'Académie des sciences, par Velpeau, le 6 décembre suivant.

la *couche ostéogène* du périoste et que Ranvier décrivit ensuite sous le nom de *moelle sous-périostique*.

Après avoir détaché un lambeau de périoste en le laissant adhérent à l'os par une de ses extrémités, nous avons raclé la face interne de ce lambeau sur la moitié de son étendue, sur la moitié la plus rapprochée de l'os, la plus vasculaire, par conséquent la mieux nourrie, et nous avons enroulé ce lambeau autour des muscles du membre. Nous avons vu alors que la moitié interne, adhérente, de ce lambeau, celle qui avait été raclée, ne s'ossifiait pas, tandis que la moitié libre, la plus éloignée de l'os, produisait une masse osseuse.

Nous avons enfin transplanté, semé sous la peau le produit du raclage, et avec cette raclure du périoste nous avons obtenu de petits grains osseux.

Par cette série d'expériences, le rôle du périoste et de ses différentes couches se trouvait déterminé. L'action propre de cette membrane, son autonomie, étaient démontrées.

Nous vîmes alors dans cette ossification des lambeaux périostiques, une nouvelle ressource pour la chirurgie et nous proposâmes de doubler de périoste certains lambeaux autoplastiques pour la rhinoplastie en particulier[1].

2. Détermination des propriétés ostéogéniques des différents éléments de l'os et des parties molles périphériques. — Résultats de l'irritation de ces différents tissus.

Si, en 1858, le rôle du périoste était très contesté par les anatomistes imbus des idées de Bichat, le rôle de la moelle était encore plus difficile à interpréter, et quand on parlait de Régénération des os, les uns disaient que le périoste ne servait pas plus dans cet acte complexe que les tissus périphériques ou les divers

1. *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, 31 décembre 1878.

éléments de l'os, et que la moelle en particulier; les autres niaient la régénération osseuse, et ne voyaient dans les faits publiés que des erreurs d'interprétation ou des illusions explicables par des végétations hypertrophiques de l'os restant.

Nous avons fait pour les différentes parties constituantes de l'os, moelle, substance osseuse, cartilage, les mêmes expériences que pour le périoste. Nous les avons transplantés dans des milieux étrangers à leur évolution normale, nous avons en particulier cherché à faire ossifier la moelle, loin de l'os et du périoste, et nous avons démontré qu'elle pouvait s'ossifier dans ces conditions anormales[1], mais qu'il fallait faire intervenir l'irritation traumatique pour expliquer ces ossifications.

Nous avons alors étudié les effets de l'irritation sur les différents tissus de l'os, et refait expérimentalement les différentes formes d'ostéite et d'ostéo-myélite, ce qui nous a permis de donner une théorie des hyperostoses et des troubles de croissance de l'os, quand l'expérience avait lieu sur les jeunes animaux[2].

Nos expériences sur l'irritation des parties molles périphériques (tissus fibreux, conjonctif et musculaire) nous ont montré qu'on pouvait irriter isolément ces différents tissus par tous les moyens imaginables, sans les faire ossifier, mais que si on les irritait en même temps que le périoste et l'os, ils pouvaient être envahis par l'ossification jusqu'à une distance plus ou moins grande de leur implantation sur l'os.

En nous expliquant l'irrégularité et la différence des ossifications qui suivent certaines fractures ou plaies des os, ces expériences nous montraient dans quelles limites nous pouvions nous en servir pour les besoins chirurgicaux.

Nous nous sommes alors demandé si ces ossifications des tissus conjonctifs périphériques n'étaient pas dues aux déchirures du

1. Du rôle de la moelle dans l'ossification normale et pathologique, dans le *Journal de la Physiologie*, de Brown-Sequard, 1862.

2. *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*, t. I, chap. v.

périoste, à l'entraînement de parcelles de cette membrane par les tendons ou les muscles arrachés, et au mélange des éléments embryonnaires provenant de la rupture des différents tissus. Sans nous prononcer sur le mécanisme de cette ossification, nous nous sommes contenté d'invoquer *l'action de présence*, c'est-à-dire l'influence que pouvaient exercer les éléments ossifiables sur les divers éléments conjonctifs à l'état naissant. Nous n'avions pu saisir cette migration des ostéoblastes périostiques qu'on a invoquée quelques années plus tard, et comme nous avions trouvé souvent des noyaux osseux isolés, dans les tendons, dans les muscles, dans la moelle, nous n'avions pas cru pouvoir aller plus loin dans notre hypothèse. Nous nous contentons donc toujours d'invoquer *l'action de présence*, qui n'explique rien, sans doute, mais ne préjuge rien.

3. De la Régénération des os après leur ablation totale ou la résection d'une de leurs parties. — Expériences sur les divers os : os longs, os plats, os courts. — Régénération des diaphyses et des épiphyses. — Degré de la Régénération osseuse dans les diverses conditions où elle peut être recherchée : ablation d'un os vivant ou d'un os déjà nécrosé. — Etude expérimentale des diverses méthodes de Résection. — Structure et morphologie des os reproduits.

Les précédentes expériences nous ont donné déjà les éléments principaux du problème complexe de la régénération osseuse. Mais il était important d'étudier directement cette régénération dans les diverses conditions où l'on peut l'observer; après les nécroses spontanées, et après les diverses opérations où la totalité d'un os ou ses différentes parties doivent être enlevées.

Il était d'autant plus important de le faire, que les expériences antérieures de Flourens n'avaient guère porté que sur la diaphyse des os longs, et qu'on ne s'était pas préoccupé d'étudier, au point de vue de la régénération, les différentes parties constituantes de l'os. On disait que les épiphyses ne se reproduisent pas. Nous avons

alors fait porter nos expériences sur les diverses parties des os longs et des os plats, nous avons enlevé les épiphyses, les os courts, étudié en un mot le problème sous toutes les faces qui nous paraissaient avoir un intérêt, au point de vue de la théorie et des applications pratiques. Nous avons extirpé des os entiers, et laissé certaines parties pour apprécier l'influence de ces dernières au point de vue de l'abondance de l'ossification et du processus par lequel elle s'opère[1].

Nous avons démontré alors la régénération des épiphyses qui restent plus ou moins indépendantes, séparées de la masse diaphysaire néoformée, par une couche de cartilage, véritable cartilage de conjugaison temporaire qui, tant qu'il persiste, permet un certain accroissement de l'os en longueur.

Par les diverses pièces que nous avons figurées, on se rend compte de la morphologie des os de nouvelle formation. La gaine périostique, soutenue par les parties molles périphériques, et tiraillée dans des sens déterminés par les contractions musculaires, sert de moule à l'os nouveau, qui procède le plus souvent du cartilage (bien que dans certains cas l'ossification ne passe pas par ce stade[2]) et subit plus tard des transformations analogues à celles des os normaux. Sur les os reproduits chez les jeunes animaux, on trouve au bout de plusieurs mois une architecture qui rappelle celle des os normaux. Ce changement s'opère même si rapidement chez les jeunes animaux à croissance rapide, qu'il est bientôt difficile de distinguer après une résection les parties anciennes des parties néoformées.

Dans nos études expérimentales sur la nécrose et les processus

1. De nombreuses figures, dans le *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*, et de plus récentes, parues dans le *Traité des résections*, permettent de se rendre compte du degré réel de la régénération. Les figures les plus importantes ont été reproduites dans l'*Aide-Mémoire* de la collection Léauté, intitulé : *Régénération des os et résections sous-périostées*.

2. Non seulement pour les os du crâne qui, normalement, proviennent de l'ossification de la capsule fibreuse, mais pour les os longs qui procèdent du cartilage préexistant.

de formation de l'os nouveau, nous avons dû varier les expériences de Troja, afin de les rendre plus analytiques et de déterminer exactement la part qui revient au périoste, à la moelle et aux couches osseuses anciennes.

Cherchant avant tout à éviter les causes d'erreurs qu'avaient laissé subsister les anciens expérimentateurs, nous avons fait plusieurs séries d'expériences comparatives pour déterminer le rôle du périoste, de la moelle et des parties molles. Il était d'autant plus important de le faire que quelques expérimentateurs (Charmeil, Marmy) avaient annoncé qu'ils obtenaient de plus belles régénérations en enlevant le périoste qu'en le conservant. Une pareille erreur ne pourrait provenir que d'expériences irrégulières et mal combinées, et surtout de la difficulté qu'entraînent, dans les expériences sur les petits animaux, la ténuité du périoste et son adhérence aux parties molles périphériques.

En pratiquant sur des animaux de même âge et de même espèce, 1° l'ablation complète sous-périostée; 2° l'ablation sous-périostée incomplète, dans laquelle nous laissions le périoste sur certains points déterminés; 3° l'ablation parostale, c'est-à-dire l'opération dans laquelle nous enlevions l'os et le périoste en ménageant attentivement toutes les parties molles périphériques ; 4° l'ablation large et irrégulière dans laquelle on sacrifie avec l'os une certaine épaisseur des muscles ou parties molles périphériques, nous avons mis hors de toute contestation la nécessité de conserver la gaine périostique pour avoir de belles régénérations.

Ces quatre séries d'expériences nous ont donné en même temps la démonstration des quatre espèces de résections qu'on peut pratiquer sur l'homme : résection sous-périostée régulière; résection incomplètement sous-périostée ; résection périostale; résection extra-périostée irrégulière.

4. Conditions physiologiques favorables à la Régénération des os. — Influence de l'âge. — Moyen de redonner au périoste des animaux âgés les propriétés du jeune âge.

Nous avons expérimentalement étudié les conditions physiologiques qui peuvent influer sur la régénération des os : âge du sujet, nourriture insuffisante, grosseur, défaut de fixité du membre, etc. Ce que nous avons déjà dit sur les propriétés et la structure du périoste, dans le jeune âge, fait prévoir déjà les résultats qu'on obtiendra aux différentes époques de la vie. Chez l'adulte et l'animal, en effet, une résection sous-périostée reste insuffisante et même à peu près stérile; mais nous avons démontré qu'on peut redonner au périoste des animaux âgés les propriétés du périoste jeune. Pour cela on n'a qu'à l'irriter, c'est-à-dire à exciter le retour à l'état embryonnaire des éléments conjonctifs de la couche profonde du périoste, par des irritations successives et suffisamment espacées. On permet ainsi à la couche ostéogène de se reconstituer. Le périoste mince et fibreux redevient épais, se vascularise et se double profondément d'une couche ostéogène dont les éléments embryonnaires se multiplient rapidement si l'irritation reste aseptique et est suffisamment entretenue. Une résection sous-périostée pratiquée dans ces conditions, fournit une masse osseuse bien plus considérable qu'avant la préparation du périoste[1].

5. Reconstitution des articulations après les Résections articulaires et les Extirpations d'os entiers. — Importance du canal périostéo-capsulaire. — Moyen d'obtenir des néarthroses de même type que les articulations enlevées. — Structure et morphologie des néarthroses ainsi obtenues.

Cette partie de mes recherches me paraît des plus neuves au point de vue expérimental et des plus importantes au point de vue

1. *Congrès médical de Lyon*, 1864. *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*, 1867.

des applications chirurgicales. On avait cependant, dès 1798 (Chaussier), expérimenté sur les diverses résections articulaires, mais les résultats de ces expériences avaient été si mauvais au point de vue du fonctionnement des membres réséqués, qu'elles avaient été invoquées par les adversaires des résections. Ces mauvais résultats étaient dus à ce qu'on appliquait chez les animaux les méthodes opératoires très imparfaites dont on se servait alors pour les premières résections pratiquées sur l'homme. Dès 1858[1], je trouvai le moyen de faire reproduire une néarthrose régulière entre les extrémités osseuses de nouvelle formation. C'était en enlevant les extrémités, tout en conservant la gaine périostéo-capsulaire qui les entoure et les maintient en rapport. Cette gaine ouverte longitudinalement par une incision portant à la fois sur les os contigus et sur la capsule qui les unit, est isolée des extrémités osseuses, mais conserve tous ses rapports avec les tissus périphériques. Les ligaments et les muscles continuent à s'insérer sur elle. Quand on a réséqué les extrémités osseuses, elle se présente sous la forme d'un canal capsulaire au centre, périostique à ses extrémités. Il se forme des masses osseuses dans les parties périostiques, mais ces masses isolées par la partie capsulaire, restent distinctes, et peuvent bientôt jouer l'une sur l'autre, grâce à la conservation des muscles qui les entourent et des ligaments qui maintiennent leurs rapports.

De cette manière, au lieu des pseudarthroses flottantes irrégulières, atypiques, qu'on avait autrefois, *j'ai obtenu des néarthroses de même type que les articulations enlevées.* — Les articulations les plus complexes dans leur structure, comme celle du coude ou du genou sont remplacées par de véritables ginglymes et des ginglymes parfaits. Elles sont très solides latéralement et recouvrent seulement leurs mouvements d'extension et de flexion.

Il se forme chez les jeunes sujets des masses cartilagineuses,

1. *Gazette hebdomadaire*, 31 décembre 1858, et *Journal de la Physiologie*, de Brown-Sequard, 1er avril 1859.

mais sur les sujets plus âgés on ne trouve guère qu'un tissu chondroïde, comme surface limitante. Nous avons exposé dans le *Traité des résections* tous les détails de cette structure et des processus qu'éprouvent les tissus néoformés, pour arriver à leur organisation définitive. Le type anatomique ne se reproduit pas toujours parallèlement au type physiologique, mais des ménisques de remplissage égalisent les surfaces et permettent le fonctionnement régulier de la néarthrose. Pour certaines articulations, à la hanche en particulier, la néarthrose est le plus souvent différente au point de vue morphologique. Une articulation par suspension remplace l'énarthrose par réception de la tête fémorale dans l'acetabulum, mais l'animal court et saute comme auparavant. Son membre est un peu raccourci sans doute ; mais chez le chien ou le chat, la progression lente et la course s'opèrent sans claudication sensible, grâce à la résistance de la capsule fibreuse qui a été minutieusement conservée.

6. Des principales applications chirurgicales des faits physiologiques précédemment exposés. — Méthode des résections sous-périostées : principe physiologique, règles opératoires générales, résultats. — Concordance parfaite des faits cliniques et des faits expérimentaux. — Démonstration par les autopsies pratiquées chez l'homme sur d'anciens réséqués morts accidentellement. — Résultats généraux des résections sous-périostées des grandes articulations des membres. — Comparaison de ces résultats avec ceux de la méthode ancienne.

Les applications chirurgicales des expériences précédentes sont très nombreuses ; elles nous ont permis de modifier sur beaucoup de points les théories de la nécrose et de l'ostéite, et de mieux interpréter le siège réel et les rapports des diverses formes d'inflammation osseuse. En nous montrant le lien qui rattache entre elles les diverses variétés de l'ostéo-myélite, elles nous ont conduit à proposer des opérations nouvelles, et à faire accepter la trépa-

nation des os dont on ne comptait encore que de rares exemples avant notre mémoire de 1876 [1].

Nous ne voulons insister que sur la principale application : la méthode des résections sous-périostées qui en dérive directement.

Depuis l'adoption de cette méthode, les résultats orthopédiques et fonctionnels des résections osseuses et articulaires sont complètement changés.

Après en avoir établi les principes sur des bases expérimentales, nous avons dû chercher une technique, formuler des règles opératoires, qui devaient nous permettre d'obtenir chez l'homme des résultats analogues à ceux que nous avions déjà obtenus chez les animaux. Notre *Traité de la Régénération des os* renferme ce que nous avions obtenu avant 1867, mais le *Traité des Résections* (1885-1892) apporte un ensemble de faits bien plus considérables qui met hors de doute le progrès accompli dans cette branche de la chirurgie.

Pendant longtemps l'absence d'autopsie d'anciens réséqués avait laissé notre démonstration incomplète, mais avec le temps ce complément de preuves nous a été fourni, et aujourd'hui nous avons assez de faits démontrant la concordance parfaite des résultats cliniques et des résultats expérimentaux. Les os se régénèrent, les articulations se reconstituent, absolument chez l'homme comme chez les animaux chez lesquels nous avions expérimenté. 46 autopsies de nos anciens réséqués, morts accidentellement d'une maladie intercurrente, nous ont permis de faire cette démonstration commencée il y a trente-quatre ans [2], mais lente dans les premiers temps, à cause de la rareté des cas.

Nous pouvons donc dire aujourd'hui, non d'après des vues théoriques, mais d'après des pièces conservées dans notre collection et reproduites en grand nombre par la gravure, que nous

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, août 1876. De la trépanation dans les diverses formes d'ostéo-myélite.

2. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 25 juillet 1870.

obtenons des articulations de même type que les articulations enlevées, et que ces néarthroses, solides et mobiles à la fois, sont assez bien organisées pour rendre presque les mêmes services qu'à l'état normal, toutes les fois que la maladie primitive n'a pas détruit les tissus essentiels à cette reconstitution.

Nous avons montré des réséqués du coude portant 16 à 18 kilos (19 même dans un cas) à bras tendu; des réséqués de l'épaule pouvant lever énergiquement le bras en l'air, et capables d'exécuter les travaux les plus pénibles; des réséqués du poignet ayant recouvré une main forte et apte aux travaux les plus délicats; des sujets opérés par l'ablation de l'astragale, du calcanéum, capables de faire sans fatigue 20 à 25 kilomètres par jour, etc.

Les résultats des anciennes résections ne peuvent pas être comparés à ceux que nous réalisons aujourd'hui. On obtenait ou des membres ankylosés ou des articulations lâches, mal fixées, et souvent ballantes. On était heureux d'avoir sauvé la vie à son malade, mais on n'était pas exigeant au point de vue orthopédique et fonctionnel.

Toutes les preuves des propositions que je viens d'avancer, sont données dans mon *Traité des Résections*. On y trouvera un grand nombre de faits anciens, datant de 15, 20, 25 ans et plus. Ces faits anciens ont dans le cas présent une importance toute particulière : ils montrent qu'il ne s'agit pas de résultats temporaires, mais de résultats définitivement acquis. Or, comme c'est par les résultats éloignés qu'on juge la valeur d'une méthode chirurgicale, je renvoie le lecteur aux faits particuliers que je ne puis pas exposer dans cette notice. Je me borne à indiquer ici l'esprit qui m'a toujours dirigé, et l'importance que j'attache aux faits depuis longtemps observés, pour résoudre les problèmes chirurgicaux et se mettre à l'abri des illusions que font naître les faits récents et les observations incomplètes.

7. De la reproduction des os après le désossement des moignons d'amputation. — Moyens de diminuer les inconvénients des mutilations des membres réputées jusqu'ici irréparables. — Méthode des désarticulations et des amputations sous-périostées.

Nous avons fait chez les animaux des expériences qui nous ont montré qu'on pouvait diminuer les inconvénients des désarticulations et des amputations dans la continuité. En désossant les moignons de la cuisse et du bras, après une amputation au niveau du coude et du genou, chez les chiens et les chats, nous avons vu qu'il se reproduit un os assez solide pour rendre au moignon sa rigidité, et assez mobile pour fournir un appendice énergiquement automobile, là où l'on n'avait autrefois qu'un moignon flasque et sans utilité.

La reproduction osseuse n'est jamais aussi riche dans un moignon que dans un membre entier, possédant tous ses segments. Tous les moignons, quels qu'ils soient, s'atrophient plus ou moins. Mais il n'y a pas de comparaison à établir entre un moignon immobile et désossé et un moignon garni d'une tige osseuse centrale, et muni de muscles solidement insérés sur elle. Des chats, auxquels j'ai pratiqué le désossement sous-périosté du bras, après la désarticulation du coude, pouvaient soulever leur moignon, le mouvoir en divers sens, s'appuyer solidement sur lui dans la marche et le saut.

De même que j'ai tiré la méthode des résections sous-périostées des faits signalés dans les pages précédentes, j'ai déduit la méthode des désarticulations sous-périostées des expériences que je rappelle ici.

Cette méthode, applicable aux traumatismes et aux ostéo-arthrites chroniques, n'a pas son principal intérêt dans la reproduction d'un os dans le moignon; ce n'est que chez les enfants, ou les sujets qui n'ont pas fini de croître, que cette reproduction pourra être obtenue, mais la méthode est toujours applicable pour perfection-

ner les moignons et simplifier la technique. On a toujours des moignons mieux matelassés, mieux nourris qu'après les amputations par les méthodes ordinaires.

D'autre part la technique en est simplifiée, ce qui a une grande importance pour la désarticulation de la hanche, de l'épaule, etc. Avec un bistouri et un détache-tendon, on fait sans crainte d'hémorrhagie grave, les désarticulations qui sont toujours à redouter, par leurs dangers immédiats, lorsqu'on se sert des grands couteaux et qu'on a recours aux procédés rapides.

Dans les cas où l'âge du sujet ne permet pas d'avoir, dans les moignons du bras ou de la cuisse, une tige osseuse continue, on obtient une corde fibreuse, rigide, parsemée de noyaux osseux, plus ou moins volumineux, qui sert d'insertion aux muscles, et permet des mouvements actifs et suffisamment énergiques pour soulever un appareil prothétique.

C'est un chirurgien anglais J. Shuter, de Londres, qui a le premier appliqué mes expériences à l'amputation de la cuisse au-dessus des condyles (1881). Il désossa le moignon fémoral et obtint une tige assez solide pour que son opéré pût marcher, non pas comme un désarticulé de la hanche, mais comme un amputé de la cuisse au tiers inférieur[1]. J'avais déjà depuis longtemps appliqué la méthode à la désarticulation tibio-tarsienne, du premier métatarsien, de l'épaule, etc. Mais je n'avais pas encore eu l'occasion de l'appliquer à la hanche.

1. *Transactions of the clinical Society of London*, vol. XVI. Rapport de la sous-commission sur le cas de M. Shuter.

CHAPITRE II

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ACCROISSEMENT DES OS

Cette série d'expériences nous paraît être une des parties les plus importantes et les plus neuves de nos recherches physiologiques. En dehors de la théorie générale de l'accroissement du tissu osseux sur laquelle Flourens avait fait des expériences très remarquables, on ne savait que peu de chose, on n'avait pas expérimenté sur les cartilages de conjugaison; on n'avait pas cherché à expliquer les troubles de l'accroissement. On ne se doutait pas de la part proportionnelle qui revient à chaque extrémité d'un os long; on ne connaissait pas la loi d'accroissement des os des membres; on ignorait enfin les faits physiologiques que nous allons rappeler. La plupart de ces faits sont exposés, avec figures à l'appui, dans le *Traité de la Régénération des os*. Depuis lors [1] nous avons refait, à plusieurs reprises, nos diverses expériences pour les compléter, en étendre la signification et répondre aux objections qui nous étaient faites. C'est en 1889 seulement que nous avons communiqué à l'Académie nos expériences sur l'accroissement compensateur du cartilage de conjugaison restant après les résections,

1. 1° *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 17 mars 1873. Des moyens d'augmenter la longueur des os et d'arrêter leur accroissement. Application des données expérimentales à la chirurgie. — 2° *Archives de physiologie normale* et *Pathologie*, janvier 1873. — 3° Association française pour l'avancement des sciences. Congrès de Lyon, 1873.

expériences qui ont comblé une lacune que nos recherches antérieures avaient laissé subsister.

1. De l'accroissement normal des os. — Expériences démontrant le mécanisme de cet accroissement. — Absence d'accroissement interstitiel dans le tissu osseux proprement dit. — Accroissement interstitiel du périoste et du cartilage. — Nouvelles expériences sur le rôle du cartilage de conjugaison. — Excision partielle ou totale de ces cartilages. — Des moyens d'activer ou d'enrayer chez l'homme l'accroissement des os : chondrectomie orthopédique.

La théorie générale du mode d'accroissement du tissu osseux, c'est-à-dire l'absence d'accroissement interstitiel, paraissait résolue, il y a trente ans, par les expériences de Flourens. Quand on implante des clous dans la diaphyse d'un os à une distance déterminée, les clous ne s'écartent jamais l'un de l'autre, et l'accroissement se fait par delà les clous, au moyen du cartilage de conjugaison. Mais, en 1868, cette théorie fut fortement attaquée et battue en brèche en Allemagne : Virchow, Volkmann, J. Wolf, etc., reprirent la théorie de l'accroissement interstitiel, et apportèrent des faits expérimentaux et des observations histologiques qui paraissaient en sa faveur.

Je fis alors de nouvelles expériences qui eurent à peu près le même résultat que les premières; je ne constatai un léger accroissement interstitiel que chez les jeunes poulets [1]. Cet accroissement était presque insignifiant, comparativement à l'accroissement par apposition du cartilage de conjugaison. On pouvait cependant se demander encore si les parties spongieuses juxta-épiphysaires de l'os n'étaient pas le siège d'un véritable accroissement interstitiel. Jamais même dans ces régions, je ne pus le constater chez les jeunes mammifères. Mais je repris la question d'un autre côté,

1. Ces expériences confirment ce qu'avait déjà observé Duhamel un siècle auparavant.
2. *Archives de Physiologie*, janvier 1873.

j'excisai le cartilage de conjugaison, et je vis alors que les extrémités juxta-épiphysaires ne s'accroissaient pas autrement que les parties centrales de la diaphyse. L'excision du cartilage de conjugaison arrêtait définitivement l'accroissement en longueur de l'os.

Je refis parallèlement d'autres expériences sur l'accroissement de l'os en épaisseur, en variant les dispositifs de Duhamel, Flourens. Et pour bien montrer qu'au moment de son développement l'os ne s'étendait pas, n'était pas refoulé excentriquement, je substituai aux anneaux métalliques, des anneaux de fil de caoutchouc très fin qui ne pouvaient offrir aucune résistance à l'expansion osseuse. Or, à quelque période que j'aie vérifié le résultat de l'expérience, l'anneau élastique a toujours eu le même diamètre. Contrairement à la substance osseuse, j'ai expérimentalement démontré que le périoste et les divers cartilages s'accroissent interstitiellement. Des points de repère fixes placés le long du périoste ou du cartilage de l'oreille s'éloignent les uns des autres, à mesure que ces organes s'accroissent.

Mes expériences sur l'excision du cartilage de conjugaison m'ont conduit à une méthode opératoire propre à arrêter, ou du moins à enrayer le développement des os, dans le cas où, pour une raison ou pour une autre, un os prend un accroissement trop rapide : dans le cas par exemple où deux os parallèles (radius et cubitus), croissent inégalement. L'un étant arrêté dans son développement, et l'autre se trouvant trop long par rapport à lui, il se produit des déviations du membre et des difformités variées. Or, en excisant ou en retranchant le cartilage de conjugaison, nous pouvons ralentir ou enrayer le développement de l'os le plus long. C'est ce que nous avons décrit sous le nom de *chondrectomie orthopédique*, et que nous avons appliquée sur l'homme dès 1869.

En même temps, nous indiquions le moyen de faire allonger l'os trop court. Pour cela nous n'avions qu'à irriter la diaphyse de cet os. Il nous suffisait d'entretenir par des dilacérations répétées ou

des cautérisations, une irritation lente et modérée. Avant l'antisepsie, nous redoutions de faire intervenir l'irritation de la moelle, aujourd'hui nous pouvons appliquer, sans danger, tous les moyens dont l'expérimentation nous a démontré l'efficacité. On peut faire pénétrer les clous dans le canal médullaire, sans craindre l'ostéomyélite, et pourvu qu'on les fixe suffisamment pour éviter leur chute dans ce canal, on fait une opération qui sera innocente tant qu'elle restera aseptique.

2. Influence de l'irritation sur l'accroissement des os. — Irritation du périoste et de la moelle. — Irritation du cartilage de conjugaison. — Effets différents de l'irritation directe et de l'irritation indirecte. — Explication des différences de longueur que présentent les os atteints d'ostéite.

Un des faits les plus inattendus qui résultaient de mes premières expériences, c'est que, en dépouillant circulairement un os de la totalité ou de la presque totalité de son périoste chez un jeune animal, on augmentait la longueur de cet os par rapport à l'os sain du côté opposé, et qu'on pouvait de cette manière obtenir des allongements notables et persistants.

Mais nous ne vîmes là qu'un cas particulier de notre théorie générale de l'irritation des os en voie de croissance. Quel que fût en effet le mode d'irritation auquel nous avions recours, pourvu que cette irritation fût assez prolongée et d'une intensité suffisante, nous obtenions les mêmes résultats (fractures, évidements, cautérisations, introduction de corps étrangers sous le périoste et dans la moelle, etc.).

Toutes ces irritations portant sur la diaphyse sont suivies, dans ces conditions, d'une hypertrophie de l'os en longueur. L'irritation se propage par continuité de tissu, par voisinage, aux cartilages de conjugaison; on excite la prolifération des cellules contenues dans les cavités de ce tissu.

Mais c'est seulement l'irritation transmise, l'*irritation indirecte*,

qui agit ainsi sur le cartilage de conjugaison. *L'irritation directe*, l'irritation portant sur le cartilage lui-même, agit tout autrement dès qu'elle est assez intense pour troubler l'évolution de son tissu. Des incisions multiples, des corps étrangers implantés dans le cartilage, des foyers d'ostéite à son voisinage immédiat, troublent l'évolution des cellules ossifiables, et au lieu d'amener une hyperplasie féconde au point de vue de l'accroissement de l'os en longueur, arrêtent plus ou moins la prolifération des cellules du cartilage et amènent un raccourcissement plus ou moins marqué.

Ces effets tout différents de l'irritation directe et de l'irritation indirecte nous ont permis d'expliquer les différences de longueur observées chez l'homme, sur les os atteints d'ostéite, et de prévoir les résultats des diverses opérations pratiquées sur les os, ou des divers traumatismes dont ils peuvent être le siège.

Si les expériences précédemment indiquées nous ont permis d'instituer la *chondrectomie orthopédique* pour retarder ou enrayer définitivement l'allongement des os, celles que nous avons pratiquées en irritant le périoste ou la moelle des os longs, nous ont donné les moyens rationnels d'augmenter la longueur des os et d'activer leur accroissement en épaisseur.

L'irritation indirecte du cartilage de conjugaison est surtout féconde lorsque le point de départ est sous la diaphyse ; mais l'irritation épiphysaire peut aussi le provoquer. Ce dernier point de départ est beaucoup plus rare cependant, à cause de la faible étendue de l'épiphyse, de la proximité du cartilage de conjugaison, et par cela même de la facilité qu'a le foyer de l'irritation d'atteindre son propre tissu.

Pour expliquer l'arrêt de développement des os atteints d'ostéite, on n'avait invoqué jusqu'à nous que la soudure de l'épiphyse à la diaphyse, par ossification précoce du cartilage par conjugaison. Nous avons démontré que c'était là une erreur, que l'ossification précoce était une réalité sans doute, mais que le plus souvent c'était par un trouble de nutrition autre que l'ossification, que

l'allongement de l'os était enrayé. Les éléments du cartilage cessent d'évoluer vers la constitution du tissu osseux; ils se médullisent, mais cette médullisation reste pendant longtemps stérile ou aboutit à une transformation fibreuse. L'ossification se fait par îlots disséminés et ne soude les pièces contiguës qu'au bout d'un temps plus long que le temps nécessaire à la soudure normale.

3. De la part inégale que prennent les deux extrémités d'un os long à son accroissement en longueur. — Loi d'accroissement des os des membres. — Application à la pathologie osseuse et à la pratique des résections.

Il y a cent cinquante ans que Duhamel avait remarqué que le tibia prenait un peu plus d'accroissement par en haut que par en bas. Cent ans plus tard, Flourens fit la même observation; mais c'était tout ce que l'on savait sur la question. L'expérimentation n'avait pas appris autre chose. Cette observation était donc restée isolée, et si on avait voulu la généraliser et dire que les os croissent plus par en haut que par en bas, on aurait commis une grande erreur[1]. Aucune expérience n'avait donc pu faire penser jusqu'à nous que les divers os avaient un mode d'accroissement différent.

C'est en 1861 que nous avons communiqué à l'*Académie des sciences* (28 janvier) nos expériences sur l'inégalité d'accroissement des deux extrémités des os longs et que nous avons formulé la loi de cet accroissement des os des membres.

C'est en implantant chez les jeunes animaux un clou de plomb au milieu de la diaphyse, à égale distance de ces deux extrémités, que nous avons constaté la part inégale que prennent ces extrémités à l'allongement de l'organe, et que nous avons constaté que cette inégalité n'était pas le résultat de la soudure plus ou moins

1. Flourens avait dit cependant : *Théorie expérimentale de la formation des os*, page 20 : « En général, l'os croît un peu plus par en haut que par en bas, comme je le vois par les pièces mêmes dont je parle ici, et surtout par les pièces très nombreuses de ma collection. » Il est très probable que Flourens n'avait jamais expérimenté que sur le tibia.

hâtive d'une des deux épiphyses, mais commençait dès les premiers temps de la vie et se continuait pendant toute la croissance du squelette.

Nous avons vu alors que non seulement tous les os ne croissaient pas par en haut plus que par en bas, mais que les os d'un même membre étaient entre eux dans un rapport inverse.

L'humérus s'accroît surtout par son extrémité supérieure; le radius et le cubitus par leur extrémité inférieure. Le fémur s'accroît au contraire surtout par son extrémité inférieure, tandis que les os de la jambe s'allongent plus par leur extrémité supérieure que par leur extrémité inférieure. De sorte donc que le rapport est inverse, non seulement quand on compare entre eux les deux segments principaux d'un même membre, mais quand on compare entre eux les os analogues des deux membres supérieur et inférieur.

L'extrémité fertile de l'humérus est en haut, celle du fémur qui est son analogue au membre inférieur est au bas. L'extrémité fertile du radius et du cubitus est en bas, celle des os et de la jambe est en haut.

Nous exprimons ces rapports par les formules suivantes qui indiquent immédiatement les applications de la loi d'accroissement aux résections des grandes articulations :

Au membre supérieur pour les os du bras et de l'avant-bras, c'est l'extrémité concourant à former le coude qui s'accroît le moins;

Au membre inférieur pour les os de la cuisse et de la jambe, c'est l'extrémité concourant à former le genou qui s'accroît le plus;

Les deux segments principaux d'un même membre se trouvent par cela même dans un rapport inverse entre eux; les os du membre supérieur sont aussi dans un rapport inverse relativement aux os analogues du membre inférieur[1].

Dès que nous eûmes été fixé par l'expérimentation sur le mode d'accroissement des os des membres, nous annonçâmes que les résections du coude auraient une faible importance sur l'accrois-

sement du membre supérieur et pourraient être pratiquées à tout âge, tandis que les résections du genou amèneraient un raccourcissement énorme, et devraient être remplacées, dans la chirurgie de l'enfance, par des opérations plus économiques qui respecteraient le cartilage de conjugaison.

L'observation clinique ne tarda pas à vérifier notre induction, et des faits malheureux, tirés surtout de la pratique des chirurgiens étrangers qui n'avaient pas tenu compte des avertissements de l'expérimentation, vinrent bientôt démontrer la gravité des résections ultra-épiphysaires du genou dans l'enfance. — Il en fut de même pour les résections de l'épaule et celles du poignet.

L'inégalité de l'accroissement longitudinal par les extrémités d'un même os, pouvait être soupçonnée par l'épaisseur plus grande de la couche chondroïde (Broca) et, comme nous l'avons déjà dit, par l'époque différente de la soudure des épiphyses. Mais la première explication n'était qu'une hypothèse et la seconde ne pouvait conduire qu'à des conclusions erronées. Les épiphyses ne commencent à se souder que lorsque l'accroissement touche à sa fin, et l'avantage qui revient de ce chef à une des extrémités de l'os est en réalité de peu d'importance. Nos expériences démontrent que l'inégalité d'accroissement commence dès les premiers jours de la vie, et qu'elle est par conséquent indépendante de la soudure des épiphyses. C'est bien, sans doute, vers l'extrémité qui a le plus grand accroissement que la soudure épiphysaire est le plus tardive. Ce sont les deux faits corrélatifs. Quand l'accroissement cesse par épuisement des matériaux d'ossification, l'épiphyse se soude ; mais la soudure est plutôt l'effet que la cause de l'inégalité d'accroissement.

L'inégalité de l'accroissement ou, en d'autres termes, de la prolifération cellulaire des cartilages qui limitent les deux extrémités de la diaphyse d'un os, renferme l'explication d'une foule de faits pathologiques. C'est sur l'extrémité qui contribue le plus à l'accroissement de l'os, que se développent de préférence les

affections inflammatoires, pendant la période de croissance, et, à tout âge, les lésions néoplasiques. La fréquence des processus pathologiques est en rapport avec l'énergie des proliférations cellulaires à l'état physiologique. Les diverses tumeurs : sarcomes, médullômes, etc., s'observent surtout, pour le membre inférieur, à l'extrémité inférieure du fémur et à l'extrémité supérieure du tibia; au membre supérieur, on les constate en plus grand nombre à l'extrémité scapulaire de l'humérus et aux extrémités inférieures du radius et du cubitus.

4. De l'hyperplasie compensatrice qui s'opère dans le cartilage restant après une résection ultra-épiphysaire d'une extrémité de l'os. — Degré de la compensation qu'on peut espérer en pareil cas. — Son insuffisance dans les cas où elle serait le plus utile.

Nos premières expériences et l'examen de nos anciennes pièces n'avaient pu nous éclairer suffisamment sur le degré et la portée de l'accroissement compensateur que nous avions observé dans certains cas pathologiques. Il fallait instituer de nouvelles expériences, c'est ce que nous avons fait en 1886, à l'occasion d'un fait exceptionnel que nous avons constaté.

Ayant observé, après une résection totale du coude, un humérus un peu plus long que l'humérus du côté sain, et ne pouvant attribuer cet excès d'accroissement à une reproduction exubérante de la partie enlevée (la masse des parties néoformées étant moins grande que la masse réséquée), nous avons dû en demander l'explication à l'expérimentation, qui nous a révélé un fait nouveau à l'aide duquel nous pouvons aujourd'hui donner une théorie plus complète de l'accroissement pathologique des os, et expliquer les exceptions que nous avons rencontrées jusqu'ici.

Ce fait nouveau, c'est l'hyperplasie compensatrice qui se produit dans le cartilage de conjugaison restant après la résection ultra-

épiphysaire d'une extrémité de l'os. Pour le démontrer, nous avons eu recours au procédé du clou médian, c'est-à-dire implanté au milieu de la longueur de l'os sur de jeunes animaux auxquels nous pratiquons ensuite une résection ultra-épiphysaire. Dans ce but, nous implantons le même jour au milieu de l'humérus, par exemple, et sur chaque membre, un clou de plomb solidement fixé et nous pratiquons ensuite *d'un côté seulement* la résection de l'extrémité cubitale. Nous laissons vivre l'animal un temps suffisant pour que le squelette ait notablement grandi (deux, trois, quatre mois selon l'espèce), et à l'autopsie nous constatons que le clou se trouve sensiblement plus éloigné de l'extrémité supérieure sur le membre réséqué. Comme il ne peut y avoir ici d'accroissement interstitiel et que le cartilage de conjugaison est le seul organe de l'accroissement longitudinal, il n'y avait qu'une conclusion à tirer de cette expérience : c'est que le cartilage de conjugaison conservé avait éprouvé une suractivité végétative et que cette hyperplasie pouvait être un élément précieux pour diminuer les déficits résultant directement de la résection.

Cette hyperplasie compensatrice peut être portée assez loin pour diminuer d'une manière très sensible, en dehors de toute reproduction osseuse, le déficit résultant d'une résection ultra-épiphysaire[1].

Après une résection de l'extrémité inférieure de l'humérus, par exemple, l'activité du cartilage supérieur est sensiblement augmentée. Elle augmente d'un quart, et dans certains cas d'un tiers, l'accroissement physiologique. Elle peut donc notablement compenser le déficit résultant de la suppression du cartilage inférieur.

Au fémur, après la résection de la tête fémorale, l'accroissement de l'extrémité inférieure peut être augmenté d'un quart environ.

Malheureusement l'hyperplasie compensatrice ne se produit pas d'une manière aussi appréciable sur tous les cartilages de

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 7 mai 1889.

conjugaison. On ne l'observe à un degré sensible que sur les cartilages fertiles; elle est à peine appréciable sur les cartilages qui prennent la plus faible part à l'accroissement de l'os. Il en résulte que cette compensation nous manquera ou sera insuffisante quand nous en aurons le plus besoin, après les résections de l'épaule ou après les résections du genou chez les jeunes enfants. Les objections aux résections ultra-épiphysaires persistent donc toujours pour ces deux articulations.

5. De l'allongement atrophique des os. — Théorie de l'allongement par diminution de pression. — Allongement hypertrophique, sympathique ou par congestion active.

Nous avons fait connaître en 1867 un fait complètement nouveau que rien n'avait permis de soupçonner jusqu'alors. Après une résection portant sur la diaphyse ou les articulations d'un segment d'un membre, l'os ou les os du segment qui est situé au-dessus et dans certaines conditions, les os du segment situé au-dessous prennent une longueur anormale. Dans toutes nos pièces de résections de radius et de cubitus pratiquées sur les jeunes sujets, nous avons trouvé l'humérus sensiblement plus long au bout d'un certain temps.

Le même allongement s'observe pour les os de l'avant-bras lorsque c'est l'humérus qui a été réséqué.

Quand nous avons vu pour la première fois cet allongement des os situés au-dessus ou au-dessous d'une partie réséquée, nous n'avons pu l'interpréter à l'aide de faits connus. Mais en observant les humérus ainsi augmentés en longueur, nous avons vu qu'ils étaient plus droits, moins tordus, plus lisses et plus grêles que les os normaux. Nous avons remarqué aussi que tout en ayant une longueur plus grande, ils n'offraient pas une masse plus considérable que les humérus du côté sain. Ils n'avaient pas plus de poids, mais au contraire ils en avaient toujours moins. Cette dimi-

nution de poids, peu marquée au début, s'observe surtout dans les cas de résection ancienne. Le temps ne fait que l'accentuer quand le membre ne reprend pas ses fonctions.

Ce n'était donc pas une hypertrophie qu'avaient subie ces os, c'était plutôt une atrophie. Comme d'autre part on n'observait ces allongements que sur des membres dont le fonctionnement avait diminué, et qui avaient été pendant plus ou moins longtemps condamnés à l'immobilité, nous nous sommes demandé si cet allongement des os non intéressés dans l'opération mais condamnés au repos par l'opération elle-même, n'était pas dû au défaut de pression que les os contigus exercent les uns sur les autres dans la marche, la station, et on peut dire dans tous les mouvements, car l'os le plus rapproché du tronc sert toujours de point d'appui à l'os le plus éloigné, ou réciproquement.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons alors sectionné le nerf sciatique sur de très jeunes chats, et en sacrifiant les animaux de trois en trois jours, nous avons reconnu que le tibia du côté opéré devenait, au bout de cinq ou six jours, un peu plus long que le tibia sain. Nous avions réalisé, par la paralysie des muscles de la jambe, le défaut de pression qui nous paraissait la cause de l'allongement de l'humérus sur les animaux réséqués à l'avant-bras, et en constatant un allongement du tibia du côté paralysé, nous trouvions la confirmation de notre hypothèse.

Sur les animaux auxquels on a réséqué le sciatique, l'allongement du tibia ne dure pas longtemps, il n'est que temporaire; bientôt l'ensemble du membre paralysé s'atrophie et le tibia, suivant les autres tissus, devient au bout de quelques semaines plus court que celui du côté sain. Chez les enfants atteints de paralysie spinale d'un côté, on observe la même marche dans l'accroissement du membre : les os paralysés sont pendant quelque temps plus longs; puis ils s'atrophient bientôt dans tous les sens et deviennent plus courts, d'autant plus courts que les troubles nutritifs sont plus prononcés.

Cet allongement des os situés au-dessus et au-dessous d'une partie réséquée peut jouer dans une certaine mesure un rôle de compensation, après les pertes de substance du squelette, il contribue à équilibrer la longueur des membres après une résection; malheureusement il est bientôt remplacé par une atrophie et une diminution de longueur si le membre réséqué ne reprend pas ses fonctions.

Pour caractériser cet allongement et le distinguer de l'allongement des os qui survient à la suite des irritations diaphysaires, nous l'avons appelé allongement atrophique. L'os ainsi allongé est en effet plus droit, plus mince, plus lisse, plus léger et plus friable que l'os sain; il a tous les caractères d'un os atrophié. Sa minceur indique que son accroissement périostique (accroissement en épaisseur) est déjà arrêté. L'accroissement par le cartilage de conjugaison a seul continué; il semble que les cavités cartilagineuses n'étant plus soumises aux pressions physiologiques aient pu se développer plus rapidement dans le sens de la longueur du membre, c'est-à-dire dans le sens où la pression normale leur fait défaut. Mais leur fécondité n'a pas été accrue; rien n'indique qu'il y ait eu une hyperplasie à aucun moment du processus; il n'y a eu au moment où s'opérait cet allongement qu'une distribution différente des matériaux d'accroissement.

Indépendamment de cet allongement atrophique que nous avons constaté dans la plupart de nos pièces expérimentales, on peut observer exceptionnellement chez les jeunes sujets, au-dessus et au-dessous d'un os irrité et atteint lui-même d'hyperostose, une autre variété d'allongement que nous appelons *allongement hypertrophique* ou par *congestion active*. Il est le résultat de l'accélération de la nutrition sur un des segments du membre, amène une hypertrophie partielle ou même générale de son squelette.

1. *Traité expérimental et clinique de la régénération des os*, t. I, chap. VI.

6. De l'influence des nerfs sur l'accroissement des tissus osseux et cartilagineux. — Des rapports de la prolifération cellulaire avec l'accélération de la circulation. — Effet de la section du grand sympathique sur l'accroissement du crâne et de l'oreille.

Dans nos expériences relatives à l'influence des nerfs sur l'accroissement des os, et sur la production des ossifications périostiques, nous avons vu que la consolidation des os fracturés s'opérait parfaitement après la section des nerfs du membre et que le processus n'était empêché que lorsque des troubles trophiques secondaires s'étaient déjà déclarés. Nous avons vu, d'autre part, que la ligature des vaisseaux nourriciers et des nerfs qui pénètrent dans le canal médullaire, n'amenait pas de nécrose ni de changement appréciable dans la structure et la vitalité des tissus de l'os. Cherchant à analyser l'action trophique des nerfs vaso-moteurs, nous n'avons jamais constaté l'hypertrophie que Schiff avait signalée dans le maxillaire inférieur après la destruction du nerf dentaire inférieur. Nous n'avons observé d'état hypertrophique que quand l'os avait été intéressé, et par conséquent irrité, dans l'acte opératoire. Pour apprécier directement l'action des vaso-moteurs sur l'accroissement des os et du cartilage, nous avons détruit chez les jeunes animaux le nerf sympathique cervical, et quoique ayant observé la permanence des troubles vasculaires dans l'oreille et de la dilatation pupillaire, nous n'avons jamais constaté de changement dans la texture et les dimensions de la boîte crânienne, ni dans la longueur et l'épaisseur du cartilage de l'oreille.

Nous avons conclu que l'action trophique n'était pas en rapport nécessaire avec l'afflux sanguin, et que les propriétés végétatives des cellules n'étaient pas augmentées par la plus grande activité de la circulation capillaire due à la paralysie des nerfs vaso-moteurs. Chauveau avait fait la même observation sur l'appareil kératogène des solipèdes.

CHAPITRE III

DE LA GREFFE ANIMALE

Indépendamment de la greffe périostique que nous avons exposée plus haut, nous nous sommes occupé depuis 1859 de la greffe osseuse et de la greffe cutanée.

1. De la greffe osseuse; sa réalité; ses conditions de succès. — Greffes autoplastiques, homoplastiques et heteroplastiques.

Jusqu'en 1858, la plus grande incertitude régnait parmi les physiologistes et les chirurgiens sur la greffe osseuse. On avait bien fait quelques expériences (Duhamel, Baronio, etc.) et même quelques tentatives sur l'homme (Ph. de Walther), mais malgré l'intérêt de ces faits expérimentaux ou cliniques la question était tout entière à résoudre, en ce qui regarde du moins la transplantation des os entiers ou de fragments osseux au milieu des tissus vivants.

Nous avons pour la première fois démontré la réalité de la greffe osseuse, en présentant des os qui, après la transplantation, avaient continué non seulement de vivre, mais de s'accroître. Nous avons considéré ce dernier processus comme le seul caractéristique d'une greffe réelle. L'adhérence du transplant aux tissus voisins et le rétablissement de la circulation ne sont pas suffisants pour faire admettre la persistance du tissu transplanté. Le plus souvent la

greffe est incomplète, et le transplant ne tarde pas à se médulliser et à disparaître.

Il est essentiel de distinguer la greffe temporaire et incomplète de la greffe définitive et féconde. Il se passe chez les animaux ce qu'on observe chez les végétaux ; quand on greffe une branche ou un bourgeon sur un individu d'espèce trop éloignée, le transplant peut adhérer pendant un certain temps, mais il ne peut vivre dans son nouveau milieu, il s'atrophie et meurt.

Nous avons démontré que le périoste est l'agent essentiel de la greffe; la moelle, la substance osseuse transplantées dans des régions différentes de leur milieu normal, ne contractent que des adhérences temporaires; bientôt elles commencent à être résorbées et disparaissent.

Nous avons expérimenté comparativement sur les greffes formées par de petits fragments d'os et sur les transplantations de fragments volumineux entourés de périoste, et constitués par tous les éléments normaux de l'os. Nous avons alors démontré le peu de stabilité et la résorption plus ou moins rapide des *greffes fragmentaires*, auxquelles on avait voulu faire jouer un rôle en chirurgie. Les *greffes massives* peuvent seules être de quelque utilité.

Nos transplantations périostiques entre animaux d'espèces différentes nous avaient montré la stérilité du périoste dans le nouveau milieu où il avait été placé. Le transplant pouvait vivre pendant un certain temps, se vasculariser, s'hyperplasier même, et donner momentanément l'illusion d'une croissance véritable ; mais il ne tardait pas à éprouver une résorption progressive et à disparaître complètement.

Nous avons, dès 1866, étudié les processus de la greffe et le mécanisme de la résorption des transplants; nous avons indiqué comment s'accomplit la médullisation et la reconstitution du tissu osseux dans les fragments transplantés dans un milieu favorable à la greffe. Dans certains cas, le transplant se raréfie et se médullise même complètement, pour se reconstituer ensuite par le même

processus, qui change une ostéite raréfiante en une ostéite condensante.

Dans les transplantations osseuses suivies de suppuration, la greffe n'échoue pas nécessairement. Le périoste peut continuer de vivre et de fournir des couches osseuses autour de l'os mort, cette portion nécrosée sera éliminée au bout d'un certain temps, mais remplacée par un os de nouvelle formation, dû à la greffe du périoste et à la continuation des propriétés ostéogéniques de cette membrane.

Le transplant peut être pris sur le sujet lui-même, dans une autre région du corps. On transplante alors sur le même individu un lambeau de sa propre substance : ce sont les greffes *autoplastiques*.

Le transplant peut être pris sur un sujet différent, mais de la même espèce. On transplante alors un fragment d'os sur un autre individu, mais dans un terrain analogue, on peut même dire identique, si le transplant et le sujet récepteur sont du même âge et dans les mêmes conditions physiologiques; ce sont les greffes *homoplastiques*.

En troisième lieu, le transplant peut être emprunté à un individu d'espèce différente, qui sera plus ou moins éloigné du sujet récepteur dans l'échelle zoologique : on a alors les greffes *hétéroplastiques*.

Je n'ai rien à ajouter d'important à ce que j'ai avancé autrefois pour les greffes autoplastiques et homoplastiques; c'est toujours là que je vois une ressource réelle pour la chirurgie, parce que, en greffant des portions d'os, empruntées au sujet lui-même ou à un autre individu de même espèce, nous pouvons espérer obtenir la persistance du transplant dans les conditions que j'ai déterminées.

Mes expériences sur les greffes hétéroplastiques ayant été faites à une époque antérieure aux pansements actuels, je me suis demandé si en pratiquant des opérations plus rigoureusement aseptiques, je n'obtiendrais pas d'autres résultats, et j'ai fait de nouvelles

expériences que j'ai exposées au Congrès médical international de Berlin[1].

J'ai fait des transplantations entre les mammifères et oiseaux, c'est-à-dire entre animaux relativement éloignés dans l'échelle zoologique : du lapin au poulet et du poulet au lapin. J'en ai fait en même temps d'analogues entre animaux plus rapprochés, de mammifère à mammifère, du chat au lapin, et du lapin au chat.

Toutes les greffes des mammifères (lapin et chat) au poulet ont échoué. On aurait cru cependant un moment au succès de la greffe : il n'y avait pas eu d'abcès apparent, et à travers la peau, le transplant paraissait avoir notablement grandi. Mais à l'autopsie, je trouvais le transplant mort, jaune et gras, entouré d'un kyste plus ou moins épais qu'on prenait, du vivant de l'animal, pour l'os augmenté de volume. Dans un cas (greffe de l'extrémité inférieure du cubitus de lapin), le transplant paraît avoir adhéré et vécu pendant un certain temps, et même s'être un peu allongé; mais au moment de l'autopsie, quatre mois après, ce n'était déjà plus qu'un corps étranger, qu'un os mort.

Quelques transplantations au contraire ont réussi de poulet à lapin. Un fragment de radius de poulet de 35 millimètres, mis à la place d'un fragment de même dimension, pris sur le cubitus d'un lapin, était solidement adhérent par une de ses extrémités, vasculaire, au moins dans sa plus grande partie, mais ne présentait nulle part de signe de croissance. Il avait la même épaisseur qu'au moment de la transplantation : pas de couches sous-périostiques nouvelles. En même temps, je transplantais dans la crête et sous la peau du poulet des fragments d'os, pris dans d'autres régions du même animal, et je constatais quelques mois après le grossissement et une compacité plus grande du tissu osseux du transplant. On voit donc que sur cet animal, les greffes auto et homo-

1. De l'ostéogenèse chirurgicale. *Congrès médical international de Berlin*, août 1890 et *Revue de chirurgie*, 1891.

plastiques avaient été fécondes, tandis que les hétéroplastiques avaient complètement échoué. L'insuccès constant des greffes de lapin à poulet; et le succès d'une au moins de nos greffes de poulet à lapin montre qu'entre animaux aussi éloignés que le sont les oiseaux et les mammifères, la greffe se fait mieux de l'inférieur au supérieur, que du supérieur à l'inférieur. D'autre part, en greffant des os de lapin sur le chat, j'ai obtenu l'adhérence solide des lambeaux osseux et en particulier de l'expérience suivante : Un lambeau de radius de lapin long de 26 millimètres, transplanté sur l'avant-bras d'un jeune chat, à la place d'un fragment de radius de même dimension, était au bout de deux mois très adhérent, vasculaire, faisant corps avec les extrémités osseuses contiguës, mais n'avait pas augmenté de volume et ne présentait aucune néoformation à sa périphérie.

Ces résultats, bien qu'un peu plus favorables aux greffes hétéroplastiques que ceux que j'avais obtenus autrefois, ne me paraissent pas concluants. Ils ne me donnent pas une grande confiance dans les greffes qu'on pourrait pratiquer de l'animal à l'homme, quoique les greffes paraissent devoir réussir surtout de l'inférieur au supérieur. Mais pour affirmer la persistance de la greffe, il faut un temps plus long que n'ont duré mes expériences. Cette réserve est d'autant plus nécessaire que dans les transplants retrouvés adhérents et vivants, nous n'avons pu reconnaître (malgré la jeunesse des animaux auxquels ils étaient empruntés) aucun signe d'accroissement, ni aucun dépôt osseux sous-périostique. On voyait au contraire une vascularité plus grande qu'à l'état normal. Or cette vascularité, sans formation osseuse sous-périostique, est un indice de résorption prochaine et non un signe de plus grande vitalité.

Mais ce qu'il y a de plus intéressant encore à constater, c'est le mode d'adhérence aux extrémités osseuses avec lesquelles il a été mis en contact. Dans la greffe de lapin à chat, celle qui a les apparences les meilleures, au point de vue de la soudure osseuse, on

voit que le transplant est fixé à ses extrémités par des expansions périostiques, venant des bouts osseux contigus. Ces expansions qui commencent à s'ossifier coiffent les extrémités du transplant; au-dessous de lui on voit une graine incomplète qui provient du ligament interosseux ou du périoste du cubitus et qui lui forme comme une sorte de berceau. Totalement fournies par les tissus du sujet récepteur, ces expansions sont de véritables moyens d'union et de consolidation du transplant. Celui-ci ne sert que par sa résistance et son volume qui rétablissent momentanément la continuité du radius; mais il ne joue qu'un rôle passif, dans lequel il sera remplacé bientôt par une tige osseuse nouvelle, formée par les tissus du sujet récepteur. Le transplant n'est en pareil cas qu'un soutien temporaire destiné à disparaître. Raréfié et remanié dans sa structure, il sera finalement remplacé par des tissus venant des bouts de l'os ancien. Cet os sera aussi reconstitué par ses propres matériaux. Quant aux os entiers transplantés d'un animal à un autre, nous les avons toujours vus disparaître.

Tout nous fait croire qu'on pourrait obtenir les mêmes résultats sur l'homme, en choisissant un animal très rapproché de lui, le singe par exemple; mais d'après les expériences que nous venons de rapporter, rien ne nous permet d'espérer une greffe définitive et stable. On n'aurait probablement que des greffes incomplètes, toujours inféconds, comparables à ces greffes végétales pratiquées sur des sujets d'espèce trop éloignée. Le scion adhère, vit, se développe même pendant un certain temps, mais ne fructifie pas, s'atrophie et meurt.

Aujourd'hui, avec des opérations rigoureusement aseptiques, on peut faire tolérer par les tissus de l'homme les substances les plus variées, pourvu qu'elles ne contiennent pas de germes infectieux. On pourra donc introduire sans danger, pour la cure des pseudarthroses, ou le comblement des déficits osseux, des fragments ou des chevilles d'os pris sur des animaux vivants ou morts. Le transplant, surtout s'il est petit et mince comme une cheville

destinée à fixer les fragments dans une pseudarthrose, sera assez rapidement résorbé, comme me l'ont prouvé des expériences faites dans ce but. Dans le tibia du lapin, du chat et du chien, j'ai implanté des séries de chevilles faites avec des os d'animaux différents et des os d'hommes. En suivant le processus nous avons vu ces chevilles adhérer et faire corps avec le tibia. Quelques jours après l'implantation, on pouvait retrouver les parois de la perforation médullisée, plus vasculaires; mais bientôt elles étaient le siège d'une néoformation osseuse, qui englobait la cheville et la fixait. Quelquefois même la médullisation initiale paraissait manquer, ou du moins faisait rapidement place à l'ossification engainante. On aurait pu croire à la réalité de la greffe et espérer sa fixité tant la fusion entre le transplant et le sujet récepteur était complète. Mais si on attendait quelque temps, on voyait la cheville se médulliser secondairement, disparaître peu à peu et être remplacée à mesure par une néoformation osseuse provenant du sujet récepteur. Bientôt on ne reconnaissait plus rien, et l'os perforé s'était reconstitué comme à l'état normal. Dans le remaniement de sa structure, le transplant avait disparu et avait été remplacé par des proliférations venant de l'os ancien, qui se reconstituait ainsi d'après son organisation normale et par ses propres matériaux.

C'est le même processus que dans les greffes plus volumineuses dont nous avons parlé plus haut. Le transplant adhère, se soude, fait, en apparence, pendant quelque temps, partie intégrante de l'os récepteur, mais bientôt il est remanié dans sa structure, rongé par ses vaisseaux, et peu à peu remplacé par les expansions venues de l'os ancien. Il ne peut donc jouer qu'un rôle temporaire, mais ce rôle ne sera pas moins utile au chirurgien dans certaines circonstances. Dans les pseudarthroses le clou organique soutiendra assez longtemps les fragments avant sa résorption, pour que les autres sources ostéogéniques aient pu pourvoir à la formation du cal. Il peut en outre exercer une action de présence et même favoriser la réossification des granulations qu'ont absorbées les sels calcaires.

Dans les réparations des pertes de substance comprenant toute l'épaisseur d'un os, le transplant rétablira la continuité de la tige osseuse, et maintiendra sa solidité jusqu'au moment où des coulées ossifiantes, dues aux proliférations de l'os ancien, l'auront remplacé.

2. Des greffes cutanées. — Greffes dermo-épidermiques. — Greffes cutanées autoplastiques. — De leur application à la pratique chirurgicale. — Influence du froid pour conserver la vitalité des lambeaux. — États des lambeaux transplantés depuis dix-huit ans chez l'homme.

En 1892, au moment où l'on s'occupait beaucoup des greffes épidermiques et où l'on cherchait à remplacer l'épiderme humain par des lambeaux de peau de grenouille et autres greffes hétéroplastiques, nous avons montré qu'on pouvait, au lieu de petits lambeaux épidermiques, greffer de larges lambeaux comprenant non seulement l'épiderme, mais la couche superficielle du derme. Appliqués sur une plaie saignante ou sur une membrane granuleuse, ces larges lambeaux vivent parfaitement et forment une couche cutanée, stable, qui change complètement la nature de la cicatrice. Nous faisons une véritable autoplastie dans le but d'éviter la formation du tissu modulaire.

Le succès de la greffe était très aléatoire autrefois quand on appliquait le lambeau sur les plaies saignantes, aussi la pratiquions-nous de préférence sur les plaies granuleuses; mais aujourd'hui, avec l'antisepsie, la greffe directe et immédiate réussit très bien.

Voici comment nous nous exprimions sur ce sujet quand nous avons pour la première fois proposé les greffes cutanées autoplastiques[1].

« Au lieu d'un semis de petits fragments d'épiderme, je fais de

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 18 mars 1872, et *Bulletin de l'Académie de Médecine de Paris*, séance du 2 avril 1872.

véritables transplantations cutanées. Je ne me borne pas à semer sur les bourgeons charnus de petits îlots épidermogènes, je recouvre par de larges lambeaux de plusieurs centimètres carrés une plus ou moins grande étendue de la plaie dont je veux hâter la cicatrisation. Je ne cherche point seulement ainsi à hâter l'épidermisation naturelle des bourgeons charnus, je ferme la plaie par une couche cutanée empruntée ailleurs, et qui, une fois greffée, forme une membrane limitante toute différente des cicatrices ordinaires.

Quand on transplante de petits lambeaux épidermiques ou dermo-épidermiques, on hâte sans doute dans une certaine mesure la cicatrisation de la plaie, mais on n'obtient pas une cicatrice différente de celle qui se serait produite naturellement. C'est le même processus fondamental; c'est la même structure; ce sont les mêmes propriétés dans le tissu cicatriciable.

La pellicule épidermique, dont la formation a pu être avancée par la multiplication des centres d'épidermisation, a les mêmes caractères que la couche superficielle des cicatrices ordinaires. Elle est si peu stable qu'elle se détruit sous l'influence de la moindre irritation. Elle est lisse, luisante et laisse voir par transparence le tissu violacé qui constitue la partie fondamentale de la cicatrice. Sous les greffes épidermiques, le tissu propre de la cicatrice se comporte comme dans les cas où il s'est formé naturellement. Il a la même rétractilité et par conséquent les mêmes inconvénients au point de vue chirurgical.

En transplantant de larges lambeaux cutanés et en les multipliant, je puis recouvrir en une seule séance la plus grande étendue de la surface d'une plaie, et la guérison a lieu alors par un processus tout autre que dans les greffes qui ont été pratiquées jusqu'ici.

On peut prendre les lambeaux cutanés soit sur le sujet lui-même, soit sur d'autres individus. Nous avons pris la plupart de nos greffes sur des membres amputés à la suite d'accidents, chez des hommes sains d'ailleurs.

Dans les cas où nous avons été obligé de les prendre sur le sujet

lui-même, nous avons, pour éviter la douleur de l'opération, mis à profit un fait expérimental que nous avons communiqué à l'Académie il y a plus de dix ans (*Compte rendu de l'Académie des sciences*, 27 mai 1881), c'est-à-dire la possibilité de greffer des tissus soumis à de basses températures. A cette époque nous démontrâmes que des lambeaux de périoste gelés, puis transportés sous la peau d'un autre animal, pouvaient non seulement reprendre vie, mais encore produire du tissu osseux. Nous avons, pour pratiquer nos greffes cutanées, appliqué sur la peau un mélange réfrigérant (glace et sel). Une fois la peau gelée, c'est-à-dire devenue blanche, exsangue et insensible, nous avons taillé des lambeaux comprenant la totalité du derme, qui, transportés sur une plaie, se sont greffés parfaitement ».

Les greffes ainsi pratiquées ne sont pas seulement temporaires; elles donnent des résultats durables, et nous pouvons dire aujourd'hui des résultats définitifs, puisque des lambeaux cutanés transplantés sur l'homme, à la surface des plaies, nous ont présenté, au bout de dix-huit ans, la même forme, la même épaisseur, la même coloration. Ils avaient conservé leurs poils tels que nous les avions constatés quelques mois après la transplantation.

29 145. — Imprimerie Lahure, rue de Fleurus, 9, à Paris.